

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-086783

(43)Date of publication of application : 20.03.2003

(51)Int.Cl.

H01L 27/148  
H04N 5/335

(21)Application number : 2001-276133

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 12.09.2001

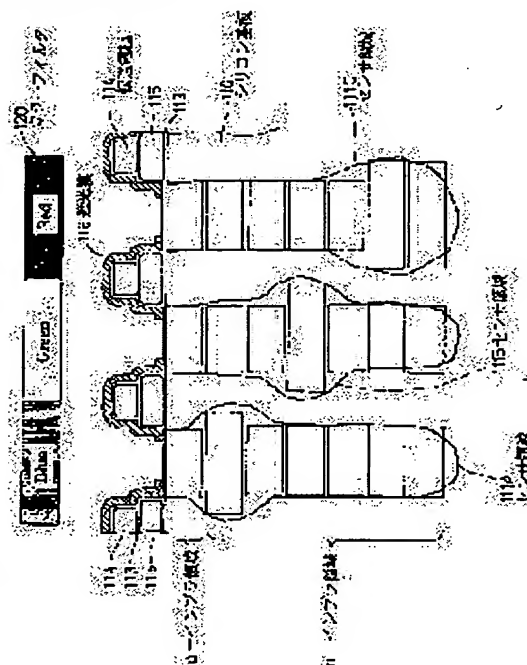
(72)Inventor : OHASHI MASANORI

## (54) SOLID-STATE IMAGE PICKUP ELEMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve sensitivity by forming a longitudinal overflow barrier deep and to suppress color mixing due to interference between adjacent pixels accompanying reduction in cell size.

**SOLUTION:** In order to optimize the impurity profile of a photodetection pixel of a solid-state image pickup element by colors that respective pixels take charge of, a sensor structure has a profile of multi-stage constitution increased in photoelectric conversion efficiency along the depth of a silicon substrate, by performing ion implantation of n+ impurities of a sensor divisionally a plurality of times while the energy and mask pattern are changed. So that photoelectric conversion is effectively performed corresponding to the incident wavelength filtered by a color filter on a photodetection pixel, part of the multi-stage constitution of n-type impurities of the sensor is expanded, the expanded area is formed to the best depth for each pixel to provide expanded parts at different positions by adjacent pixels, and interference between the adjacent pixels is avoided to actualize both sensitivity improvement and prevention against color mixing.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] In the solid state image pickup device which prepared the sensor section which constitutes two or more image pick-up pixels, and the transfer register which transmits the signal charge accumulated in each sensor section into the semi-conductor substrate, and expanded the signal-charge are recording field of said sensor section in the depth direction of a semi-conductor substrate The solid state image pickup device characterized by what the signal-charge are recording field of the image pick-up pixel which adjoins mutually is expanded in the direction of a field of a semi-conductor substrate for in the depth location where the semi-conductor substrates determined corresponding to the wavelength of the incident light which each image pick-up pixel takes charge of differ.

[Claim 2] The image pick-up pixel which adjoins mutually is a solid state image pickup device according to claim 1 characterized by being the pixel which takes charge of the image pick-up of a different color.

[Claim 3] The solid state image pickup device according to claim 2 characterized by having expanded the signal-charge are recording field of a blue pixel in the shallowest depth location among the image pick-up pixels which take charge of three colors of red-and-blue green, having expanded the signal-charge are recording field of a green pixel to the 2nd in the shallow depth location, and expanding the signal-charge are recording field of a red pixel in the deepest location.

[Claim 4] Into a semi-conductor substrate, the sensor section which constitutes two or more image pick-up pixels, and the transfer register which transmits the signal charge accumulated in each sensor section are prepared. While dividing the impurity ion implantation for forming the signal-charge are recording field of said sensor section into multiple times and performing it in the manufacture approach of a solid state image pickup device of having expanded the signal-charge are recording field of said sensor section in the depth direction of a semi-conductor substrate By changing the amount of ion implantations of each time between the adjoining image pick-up pixels The manufacture approach of the solid state image pickup device characterized by what the signal-charge are recording field of the image pick-up pixel which adjoins mutually was expanded in the direction of a field of a semi-conductor substrate for in the depth location where the semi-conductor substrates determined corresponding to the wavelength of the incident light which each image pick-up pixel takes charge of differ.

[Claim 5] The image pick-up pixel which adjoins mutually is the manufacture approach of the solid state image pickup device according to claim 4 characterized by being the pixel which takes charge of the image pick-up of a different color.

[Claim 6] The manufacture approach of the solid state image pickup device according to claim 5 characterized by having expanded the signal-charge are recording field of a blue pixel in the shallowest depth location among the image pick-up pixels which take charge of three colors of red-and-blue green, having expanded the signal-charge are recording field of a green pixel to the 2nd in the shallow depth location, and expanding the signal-charge are recording field of a red pixel in the deepest location.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the solid state image pickup device which reads color pictures, such as two-dimensional image sensors and a line sensor, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In a solid state image pickup device in recent years, in order to compensate the sensibility lowering accompanying detailed-izing of an image pick-up pixel (cel), it is indispensable to gather the quantum efficiency per unit cell. Then, although the measure which incorporates the amount of incident light to a sensor field effectively by devising the configuration of a micro lens on chip conventionally etc. has been taken If photo electric translation of the incident light incorporated to the sensor field is carried out in (Silicon Si) substrate and it is not effectively accumulated in a photodiode as a signal charge after that It will become a smear component, or will be thrown away into the drain side of a silicon substrate, and cannot contribute as sensibility as a result.

[0003] And in order to store up the charge by which photo electric translation was carried out effective in a sensor field, it is necessary to expand n field which is a lower layer charge storage field of a photodiode as much as possible in three dimension. As the amplification approach, how to expand n field in the depth direction of (1) silicon substrate, and the method of expanding n field in the two-dimensional direction (the direction of a substrate side) of (2) silicon substrates can be considered.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, although it can realize by forming the location of the overflow barrier in the depth direction of the above (1) deeply by the approach of expanding n field, since the aspect ratio of the depth direction over the cell size of a sensor field becomes large, it is becoming difficult to form a smooth profile so that three-dimension-bolting may not occur. Drawing 2 is the explanatory view showing the impurity profile in the sensor section of a CCD solid state image pickup device which has a general end-fire array overflow drain, and drawing 3 is the explanatory view showing the impurity profile in the sensor section of the CCD solid state image pickup device which formed the location of the overflow barrier deeply. In addition, in each drawing, an axis of ordinate shows potential level  $\phi$  (V), and the axis of abscissa shows the depth location from the front face in a silicon substrate, respectively.

[0005] Like a graphic display, the sensor section consists of an n type layer which performs are recording of a charge, a p type layer which forms the overflow barrier, and a p mold high concentration layer (p+) to which pinning of the silicon front face of the sensor section is carried out so that it may control that the charge generated by interface state density begins (dark current) to spring, after photo electric translation of the incident light is carried out. With the configuration to which a sensor field (n field) is expanded in the depth direction mentioned above, as shown in drawing 3, the overflow barrier can be formed in a deeper location from a silicon front face, and it can realize by taking the profile which lengthens smoothly the connector depletion layer according the meantime to n-field.

[0006] Drawing 5 and drawing 6 are the sectional views showing the structure of a CCD solid state image pickup device where n field of a sensor was expanded in the depth direction of a silicon substrate in this way, drawing 5 shows the structure between the pixels which adjoin horizontally, and drawing 6 shows the structure between the pixels which adjoin perpendicularly. In drawing 5, the sensor fields 11A and 11B of each pixel corresponding to RGB are arranged at the upper layer of a silicon substrate 10, and the vertical transfer register 12 is formed among each sensor fields 11A and 11B. And corresponding to each vertical transfer register 12, the transfer electrode 14 is arranged through an insulator layer 13 on the top face of a silicon substrate 10, and the light-shielding film 16 is arranged on the top face.

[0007] Moreover, in drawing 6, the transfer electrodes 14 and 15 for each vertical transfer register 12 are

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

arranged, and the light-shielding film 16 is arranged on the top face. Like a graphic display, if n field of each sensor fields 11A and 11B is expanded in the depth direction of a silicon substrate 10, n fields which adjoin in the depths of a silicon substrate 10 approach too much, and while being the contiguity pixel of the perpendicularly especially the vertical transfer register 12 does not intervene, concern of color mixture will occur.

[0008] The method of on the other hand expanding n field in the two-dimensional direction of the profile of the above (2) simply will cause degradation of basic properties, such as reduction of the handling charge by the cutback of a vertical transfer electrode field, reduction of the blooming margin by the cutback of the read-out gate, and color mixture to the cel which adjoins further.

[0009] Then, the object of this invention is to offer the solid state image pickup device which can control the sensibility lowering accompanying the cutback of cell size, and color mixture, and its manufacture approach.

[0010]

[Means for Solving the Problem] The sensor section which constitutes two or more image pick-up pixels in a semi-conductor substrate in order that this invention may attain said object, In the solid state image pickup device which prepared the transfer register which transmits the signal charge accumulated in each sensor section, and expanded the signal-charge are recording field of said sensor section in the depth direction of a semi-conductor substrate The signal-charge are recording field of the image pick-up pixel which adjoins mutually is characterized by being expanded in the direction of a field of a semi-conductor substrate in the depth location where the semi-conductor substrates determined corresponding to the wavelength of the incident light which each image pick-up pixel takes charge of differ.

[0011] Moreover, the sensor section from which this invention constitutes two or more image pick-up pixels in a semi-conductor substrate, In the manufacture approach of a solid state image pickup device of having prepared the transfer register which transmits the signal charge accumulated in each sensor section, and having expanded the signal-charge are recording field of said sensor section in the depth direction of a semi-conductor substrate While dividing the impurity ion implantation for forming the signal-charge are recording field of said sensor section into multiple times and performing it By changing the amount of ion implantations of each time between the adjoining image pick-up pixels It is characterized by expanding the signal-charge are recording field of the image pick-up pixel which adjoins mutually in the direction of a field of a semi-conductor substrate in the depth location where the semi-conductor substrates determined corresponding to the wavelength of the incident light which each image pick-up pixel takes charge of differ.

[0012] In the solid state image pickup device of this invention, a signal-charge are-recording field is expandable in the optimal depth location for the wavelength of incident light, preventing contiguity of an adjoining signal-charge are recording field from the signal-charge are recording field of the image pick-up pixel which adjoins mutually being expanded in the direction of a field of a semi-conductor substrate in the depth location where the semi-conductor substrates determined corresponding to the wavelength of the incident light which each image pick-up pixel takes charge of differ. Therefore, it becomes possible to realize both the improvement effectiveness in sensibility by amplification of a signal-charge are recording field, and color mixture depressor effect by separation of an adjoining signal-charge are recording field, and degradation of the image quality accompanying the cutback of cell size can be prevented, and it becomes possible to obtain a high-definition solid state image pickup device.

[0013] Moreover, a signal-charge are-recording field is expandable in the optimal depth location for the wavelength of incident light, preventing contiguity of the signal-charge are-recording field which adjoins according to an easy production process from expanding in the direction of a field of a semi-conductor substrate in the depth location where the semi-conductor substrates determined by the impurity ion implantation of multiple times by the manufacture approach of the solid state image pickup device of this invention corresponding to the wavelength of the incident light in which each image pick-up pixel takes charge of the signal-charge are-recording field of the image pick-up pixel which adjoins mutually [ a solid state image pickup device ] differ. Therefore, it becomes possible to realize both the improvement effectiveness in sensibility by amplification of a signal-charge are recording field, and color mixture depressor effect by separation of an adjoining signal-charge are recording field, and degradation of the image quality accompanying the cutback of cell size can be prevented, and it becomes possible to manufacture a high-definition solid state image pickup device.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of a gestalt of operation of the solid state image pickup device by this invention and its manufacture approach is explained. In addition, in the following explanation, although the gestalt of the operation explained below is the suitable example of this invention and desirable various definition is attached technically, especially the range of this invention shall not be limited to these

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



modes, as long as there is no publication of the purport which limits this invention. In order to make it optimize with the gestalt of this operation for every color in which each pixel takes charge of the impurity profile of the light-receiving pixel section in a solid state image pickup device In sensor structure with the profile of the multistage configuration which divided n+ impurity of the sensor section into multiple times, changed energy and a mask pattern, performed the ion implantation, and gathered the photoelectric conversion efficiency to the depth direction So that photo electric translation may be effectively performed according to the incident wave length filtered with the light filter on a light-receiving pixel It is made to reconcile the improvement in sensibility, and color mixture prevention by making a part of multistage configuration of n+ impurity of the sensor section expand, and forming the amplification field in the optimal depth for every pixel.

[0015] Drawing 1 is the sectional view showing the structure of the CCD solid state image pickup device by the gestalt of operation of this invention, and shows the structure between the pixels which adjoin perpendicularly. In this example, the sensor fields 111A, 111B, and 111C of each pixel corresponding to RGB are arranged at the upper layer of a silicon substrate 110. In addition, although omitted in drawing 1, between the horizontal pixels of each sensor fields 111A, 111B, and 111C, the vertical transfer register is formed like the structure shown in drawing 5. Moreover, corresponding to each vertical transfer register, the transfer electrodes 114 and 115 of vertical 2 phase are arranged through an insulator layer 113 on the top face of a silicon substrate 110, and the light-shielding film 116 is arranged on the top face.

[0016] And the light filter 120 to which incidence of the 3 colored light of RGB is separated and carried out to each image pick-up pixel is formed in the top face of such a silicon substrate 110. This light filter 120 carries out incidence of the blue (Blue) light to sensor field 111A, carries out incidence of the green (Green) light to sensor field 111B, and carries out incidence of the red (Red) light to sensor field 111C. And each sensor fields 111A, 111B, and 111C make the depletion layer by n-mold impurity range expand in the depth direction of a silicon substrate 110 to the lower layer of the photo-electric-translation layer by the upper n+ mold impurity range, are made into a signal-charge are recording field, according to such impurity profile structure, form the location of the overflow barrier deeply and aim at improvement in sensibility.

[0017] And such sensor fields 111A, 111B, and 111C of impurity profile structure are formed of the ion implantation divided into multiple times (the example of a graphic display seven steps), and have the impurity range expanded to a different depth location for every sensor fields 111A, 111B, and 111C of the pixel which takes charge of each color in the direction of a substrate side by changing the ion-implantation energy and the mask pattern of each time. That is, n-mold impurity range of the shallowest location is expanded about a Blue pixel with the shortest wavelength (sensor field 111A), next, about a Green pixel with short wavelength (sensor field 111B), the 3rd step of n-mold impurity range is expanded from a top, and the 1st step and the 2nd step of n-mold impurity range is expanded from the bottom about a Red pixel with the longest wavelength (sensor field 111C). A mutual separation condition is secured by making n-mold impurity range expand in a depth location which expands n-mold impurity range of the optimal depth location for the wavelength of incident light in the direction of a substrate side by this, and attains improvement in the sensibility in each pixel, and is different between contiguity pixels, and control of color mixture is realized.

[0018] Drawing 4 is the explanatory view showing the relation of the formation location of the overflow barrier for every incident wave length and sensibility in a silicon substrate, an axis of ordinate shows spectral sensitivity, an axis of abscissa shows incident wave length (micrometer), and each polygonal line shows the spectral characteristic curve (calculated value) in each location from 0.3 micrometers to 12 micrometers. the spectrum with which Blue light (light which penetrated the Blue filter) has a sensibility peak in the wavelength of about 450nm (0.45 micrometers) here, although photo electric translation will be efficiently made in a sensor field if the overflow barrier is in a depth of about 3 micrometers from Si substrate front face since it has a curve Green light (light which penetrated the Green filter) needs to form the overflow barrier in a depth of about 5 micrometers, in order to obtain effective photo electric translation, since it has a sensibility peak near 500-550nm.

[0019] Furthermore, about Red light (light which penetrated the Red filter), since it has a sensibility peak near 600-650nm, the depth location of the required overflow barrier is set to 10 micrometers or more. It becomes possible to perform photo electric translation efficiently, without invading the sensor field of an adjacent pixel mutually, if only \*\*, \*\*\*\*, and the sensor field in the depth of different photo electric translation for every above-mentioned color are expanded to the wavelength which forms the location of the overflow barrier deeply beforehand and each pixel takes charge of if this is put in another way.

[0020] Therefore, it is possible as an example of the creation approach of such profile structure to adopt the following procedures. first, a depth of 10 micrometers or more -- the overflow barrier -- a high energy ion implantation (Boron:8-10MeV) and two-layer -- Epi -- after forming by law etc., the field which hits n+ field shown in drawing 3 is formed in all pixel coincidence. This n+ field determines the minimum potential of the

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

sensor section, and forms it in a depth of about 0.5 micrometers by As or Phos. Then, an ion implantation is performed with energy which is different on a multistage story, and n-field is formed so that a depletion region may spread even this n<sup>+</sup> field and the overflow barrier smoothly in potential. This n-field is formed by high energy and low concentration to previous n<sup>+</sup> field.

[0021] And the wavelength of each Blue, Red, and Green which were described previously optimizes the mask pattern of the energy equivalent to the depth by which photo electric translation is carried out in Si for every pixel for every multistage ion-implantation (in plastic) activity of this n-field. That is, the mask pattern at that time makes only opening of the pixel (sensor field 111A) treating Blue light expand rather than other pixels by IMPURA driven into a depth of 3 micrometers or less in the in plastic activity of the multistage one which forms n-field, as shown in drawing 1 . Moreover, the mask pattern at the time of the in plastic activity driven into a depth of 3-5 micrometers makes only opening of the pixel (sensor field 111B) treating Green light expand from other pixels. The pixel (sensor field 111C) treating Red light makes opening of a mask pattern similarly expand from other pixels at the time of the in plastic activity driven into a depth of 5 micrometers or more.

[0022] Then, after forming a transfer electrode by the usual approach, it forms according to the in plastic activity which depends P<sup>+</sup> field on the front face of the maximum in self align to a transfer electrode, and the usual light-shielding film etc. is formed. Since n-field which constitutes the signal-charge are recording field of each sensor from above manufacture approaches of this example is formed by multistage IMPURA, it is possible to realize easily a sensor profile as easily optimized a pattern to each in plastic \*\* and shown in drawing 1 . In addition, although seven steps of examples show the ion implantation number of stages of a multistage n field in the example of drawing 1 , according to the effect of the two-dimensional bolting effectiveness of the impurity which surround the location and sensor of the overflow barrier etc., the optimal number of stages can be changed suitably.

[0023]

[Effect of the Invention] A signal-charge are-recording field is expandable in the optimal depth location for the wavelength of incident light, preventing contiguity of an adjoining signal-charge are-recording field in the solid state image pickup device of this invention from being expanded in the direction of a field of a semi-conductor substrate in the depth location where the semi-conductor substrates with which the signal-charge are-recording field of the image pick-up pixel which adjoins mutually is determined corresponding to the wavelength of the incident light which each image pick-up pixel takes charge of differ, as explained above. Therefore, a sensor field does not interfere by adjoining pixels, but it becomes the structure which charge color mixture between the pixels which adjoin especially a perpendicular direction cannot generate easily, and it becomes possible to realize both the improvement effectiveness in sensibility by amplification of a signal-charge are recording field, and color mixture depressor effect by separation of an adjoining signal-charge are recording field. Consequently, degradation of the image quality accompanying the cutback of cell size can be prevented, and it becomes possible to obtain a high-definition solid state image pickup device.

[0024] Moreover, a signal-charge are-recording field is expandable in the optimal depth location for the wavelength of incident light, preventing contiguity of the signal-charge are-recording field which adjoins according to an easy production process from expanding in the direction of a field of a semi-conductor substrate in the depth location where the semi-conductor substrates determined by the impurity ion implantation of multiple times by the manufacture approach of the solid state image pickup device of this invention corresponding to the wavelength of the incident light in which each image pick-up pixel takes charge of the signal-charge are-recording field of the image pick-up pixel which adjoins mutually [ a solid state image pickup device ] differ. Therefore, a sensor field does not interfere by adjoining pixels, but the solid state image pickup device of the structure which charge color mixture between the pixels which adjoin especially a perpendicular direction cannot generate easily can be manufactured easily, and it becomes possible to realize both the improvement effectiveness in sensibility by amplification of a signal-charge are recording field, and color mixture depressor effect by separation of an adjoining signal-charge are recording field. Consequently, degradation of the image quality accompanying the cutback of cell size can be prevented, and it becomes possible to manufacture a high-definition solid state image pickup device.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** It is the sectional view showing the structure of the CCD solid state image pickup device by the gestalt of operation of this invention.

**[Drawing 2]** It is the explanatory view showing the impurity profile in the sensor section of a CCD solid state image pickup device which has a general end-fire array overflow drain.

**[Drawing 3]** It is the explanatory view showing the impurity profile in the sensor section of the CCD solid state image pickup device which formed the location of the overflow barrier deeply.

**[Drawing 4]** It is the explanatory view showing the relation of the formation location of the overflow barrier for every incident wave length and sensibility in a silicon substrate.

**[Drawing 5]** It is the sectional view showing the structure between the pixels in the conventional CCD solid state image pickup device which adjoin horizontally.

**[Drawing 6]** It is the sectional view showing the structure between the pixels which adjoin the perpendicular direction in the conventional CCD solid state image pickup device.

**[Description of Notations]**

110 [ .. A transfer electrode, 116 / .. A light-shielding film, 120 / .. Light filter. ] .... A silicon substrate, 111A, 111B, 111C .. A sensor field, 113 .. 114 An insulator layer, 115

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-86783

(P2003-86783A)

(43)公開日 平成15年3月20日(2003.3.20)

(51)IntCl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-711-ト\*(参考)

H 0 1 L 27/148

H 0 4 N 5/335

U 4 M 1 1 8

H 0 4 N 5/335

H 0 1 L 27/14

B 5 C 0 2 4

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2001-276133(P2001-276133)

(22)出願日 平成13年9月12日(2001.9.12)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 大橋 正典

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74)代理人 100089875

弁理士 野田 茂

Fターム(参考) 4M118 AB01 BA13 CA03 FA06 FA13

GB03 GB11 GC07

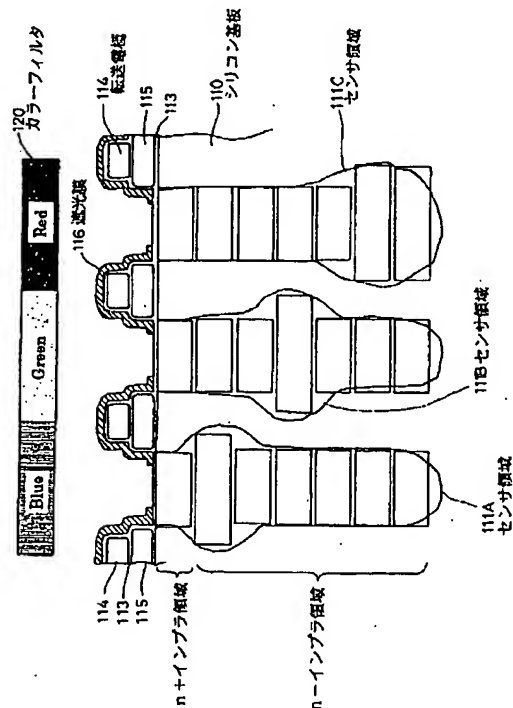
5C024 CX41 CY47 CX02 GX07 GY01

(54)【発明の名称】 固体撮像素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 縦形オーバーフローバリアを深く形成することによる感度向上とセルサイズの縮小に伴う隣接画素間の干渉による混色の抑制とを両立する。

【解決手段】 固体撮像素子における受光画素部の不純物プロファイルを各画素が受け持つ色毎に最適化させるために、センサ部のn+不純物を複数回に分けてエネルギーやマスクパターンを変えてイオン注入を行い、シリコン基板の深さ方向への光電変換効率を上げた多段構成のプロファイルを持つセンサ構造とする。そして、受光画素上のカラーフィルタによりフィルタリングされた入射波長に応じて光電変換が有効に行われるように、センサ部のn型不純物の多段構成の一部を拡大させ、かつ、その拡大領域を画素毎に最適な深さで形成することにより、隣接画素で異なる位置に拡大部を設け、隣接画素間の干渉を回避し、感度向上と混色防止を両立させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板中に、複数の撮像素素を構成するセンサ部と、各センサ部で蓄積した信号電荷を転送する転送レジスタとを設け、前記センサ部の信号電荷蓄積領域を半導体基板の深さ方向に拡大した固体撮像素子において、

互いに隣接する撮像素素の信号電荷蓄積領域が、各撮像素素が受け持つ入射光の波長に対応して決定される半導体基板の異なる深さ位置で半導体基板の面方向に拡大されている、

ことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項2】 互いに隣接する撮像素素は、異なる色の撮像を受け持つ画素であることを特徴とする請求項1記載の固体撮像素子。

【請求項3】 赤青緑の3色を受け持つ撮像素素のうち、青画素の信号電荷蓄積領域を最も浅い深さ位置で拡大し、緑画素の信号電荷蓄積領域を2番目に浅い深さ位置で拡大し、赤画素の信号電荷蓄積領域を最も深い位置で拡大したことを特徴とする請求項2記載の固体撮像素子。

【請求項4】 半導体基板中に、複数の撮像素素を構成するセンサ部と、各センサ部で蓄積した信号電荷を転送する転送レジスタとを設け、前記センサ部の信号電荷蓄積領域を半導体基板の深さ方向に拡大した固体撮像素子の製造方法において、前記センサ部の信号電荷蓄積領域を形成するための不純物イオン注入を複数回に分けて行くとともに、各回のイオン注入量を隣接する撮像素素間で変化させることにより、互いに隣接する撮像素素の信号電荷蓄積領域を、各撮像素素が受け持つ入射光の波長に対応して決定される半導体基板の異なる深さ位置で半導体基板の面方向に拡大するようにした、

ことを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【請求項5】 互いに隣接する撮像素素は、異なる色の撮像を受け持つ画素であることを特徴とする請求項4記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項6】 赤青緑の3色を受け持つ撮像素素のうち、青画素の信号電荷蓄積領域を最も浅い深さ位置で拡大し、緑画素の信号電荷蓄積領域を2番目に浅い深さ位置で拡大し、赤画素の信号電荷蓄積領域を最も深い位置で拡大したことを特徴とする請求項5記載の固体撮像素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、2次元イメージセンサやラインセンサ等のカラー画像を読み取る固体撮像素子及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年の固体撮像素子において、撮像素素(セル)の微細化に伴う感度低下を補うために、単位セ

ル当たりの量子効率を上げることが必須となっている。そこで、従来は、例えばオンチップマイクロレンズの形状を工夫することなどにより、入射光量を有効にセンサ領域に取り込む施策が取られてきているが、センサ領域に取り込まれた入射光が、その後、シリコン(Si)基板中で光電変換され、信号電荷として有効にフォトダイオードに蓄積されなければ、スミア成分となったり、シリコン基板のドレイン側に捨てられてしまい、結果的に感度として寄与することはできない。

10 【0003】そして、光電変換された電荷をセンサ領域に有効に蓄積させるためには、フォトダイオードの下層電荷蓄積領域であるn領域を3次的に極力拡大する必要がある。その拡大方法として、(1)シリコン基板の深さ方向にn領域を拡大する方法と、(2)シリコン基板の2次元方向(基板面方向)にn領域を拡大する方法が考えられる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記(1)の深さ方向にn領域を拡大する方法では、オーバーフローバリアの位置を深く形成することで実現し得るが、センサ領域のセルサイズに対する深さ方向のアスペクト比が大きくなるため、3次的な締め付けが発生しないように、スムーズなプロファイルを形成することが困難となってきている。図2は、一般的な縦形オーバーフロードレインを有するCCD固体撮像素子のセンサ部における不純物プロファイルを示す説明図であり、図3は、オーバーフローバリアの位置を深く形成したCCD固体撮像素子のセンサ部における不純物プロファイルを示す説明図である。なお、各図において、それぞれ縦軸はポテンシャルレベルφ(V)を示し、横軸はシリコン

30 基板における表面からの深さ位置を示している。  
【0005】図示のように、センサ部は、入射光が光電変換された後、電荷の蓄積を行うn型層と、オーバーフローバリアを形成するp型層、および界面準位によって発生する電荷の湧き出し(暗電流)を抑制するようにセンサ部のシリコン表面をヒニグさせるp型高濃度層(p+)から構成されている。上述した深さ方向にセンサ領域(n領域)を拡大する構成では、図3に示すように、オーバーフローバリアをシリコン表面からより深い位置に形成し、その間をn-領域による繋ぎ空乏層を滑らかに伸ばすプロファイルをとることによって実現することができる。

【0006】図5及び図6は、このようにセンサのn領域をシリコン基板の深さ方向に拡大したCCD固体撮像素子の構造を示す断面図であり、図5は水平方向に隣接する画素間の構造を示し、図6は垂直方向に隣接する画素間の構造を示している。図5において、シリコン基板10の上層にRGBに対応する各画素のセンサ領域11A、11Bが配置され、各センサ領域11A、11Bの間には垂直転送レジスタ12が形成されている。そし



て、シリコン基板10の上面には、絶縁膜13を介して各垂直転送レジスタ12に対応して転送電極14が配置され、その上面に遮光膜16が配置されている。

【0007】また、図6においては、各垂直転送レジスタ12のための転送電極14、15が配置され、その上面に遮光膜16が配置されている。図示のように、各センサ領域11A、11Bのn領域をシリコン基板10の深さ方向に拡大すると、シリコン基板10の深部において隣接するn領域同士が近接し過ぎ、特に垂直転送レジスタ12が介在しない垂直方向の隣接画素の間で混色の懸念が発生する。

【0008】一方、上記(2)のプロファイルの2次元方向に単純にn領域を拡大する方法は、垂直転送電極領域の縮小による取り扱い電荷の減少や、読み出しゲートの縮小によるブルーミングマージンの減少、さらには隣接するセルへの混色等、基本特性の劣化を招いてしまう。

【0009】そこで本発明の目的は、セルサイズの縮小に伴う感度低下や混色を抑制できる固体撮像素子及びその製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は前記目的を達成するため、半導体基板中に、複数の撮像素子を構成するセンサ部と、各センサ部に蓄積した信号電荷を転送する転送レジスタとを設け、前記センサ部の信号電荷蓄積領域を半導体基板の深さ方向に拡大した固体撮像素子において、互いに隣接する撮像素子の信号電荷蓄積領域が、各撮像素子が受け持つ入射光の波長に対応して決定される半導体基板の異なる深さ位置で半導体基板の面方向に拡大されていることを特徴とする。

【0011】また本発明は、半導体基板中に、複数の撮像素子を構成するセンサ部と、各センサ部に蓄積した信号電荷を転送する転送レジスタとを設け、前記センサ部の信号電荷蓄積領域を半導体基板の深さ方向に拡大した固体撮像素子の製造方法において、前記センサ部の信号電荷蓄積領域を形成するための不純物イオン注入を複数回に分けて行うとともに、各回のイオン注入量を隣接する撮像素子間で変化させることにより、互いに隣接する撮像素子の信号電荷蓄積領域を、各撮像素子が受け持つ入射光の波長に対応して決定される半導体基板の異なる深さ位置で半導体基板の面方向に拡大するようにしたことを特徴とする。

【0012】本発明の固体撮像素子では、互いに隣接する撮像素子の信号電荷蓄積領域が、各撮像素子が受け持つ入射光の波長に対応して決定される半導体基板の異なる深さ位置で半導体基板の面方向に拡大されていることから、隣接する信号電荷蓄積領域の近接を防止しつつ、入射光の波長に最適な深さ位置で信号電荷蓄積領域を拡大できる。したがって、信号電荷蓄積領域の拡大による感度向上効果と、隣接する信号電荷蓄積領域の分離によ

る混色抑制効果の両方を実現することが可能となり、セルサイズの縮小に伴う画質の劣化を防止でき、高品位の固体撮像素子を得ることが可能となる。

【0013】また、本発明の固体撮像素子の製造方法では、複数回の不純物イオン注入によって、固体撮像素子の互いに隣接する撮像素子の信号電荷蓄積領域を、各撮像素子が受け持つ入射光の波長に対応して決定される半導体基板の異なる深さ位置で半導体基板の面方向に拡大することから、容易な製造工程によって隣接する信号電荷蓄積領域の近接を防止しつつ、入射光の波長に最適な深さ位置で信号電荷蓄積領域を拡大できる。したがって、信号電荷蓄積領域の拡大による感度向上効果と、隣接する信号電荷蓄積領域の分離による混色抑制効果の両方を実現することが可能となり、セルサイズの縮小に伴う画質の劣化を防止でき、高品位の固体撮像素子を製造することが可能となる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明による固体撮像素子及びその製造方法の実施の形態例について説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、本発明の好適な具体例であり、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において、特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの態様に限定されないものとする。本実施の形態では、固体撮像素子における受光画素部の不純物プロファイルを各画素が受け持つ色毎に最適化させるために、センサ部のn+不純物を複数回に分けてエネルギーやマスクパターンを変えてイオン注入を行い、深さ方向への光電変換効率を上げた多段構成のプロファイルを持つセンサ構造において、受光画素上のカラーフィルタによりフィルタリングされた入射波長に応じて光電変換が有効に行われるように、センサ部のn+不純物の多段構成の一部を拡大させ、かつ、その拡大領域を画素毎に最適な深さで形成することにより、感度向上と混色防止を両立させるようにしたものである。

【0015】図1は、本発明の実施の形態によるCCD固体撮像素子の構造を示す断面図であり、垂直方向に隣接する画素間の構造を示している。本例において、シリコン基板110の上層にRGBに対応する各画素のセンサ領域111A、111B、111Cが配置されている。なお、図1では省略しているが、各センサ領域111A、111B、111Cの水平方向の画素間には図5に示す構造と同様に垂直転送レジスタが形成されている。また、シリコン基板110の上面には、絶縁膜113を介して各垂直転送レジスタに対応して上下2相の転送電極114、115が配置され、その上面に遮光膜116が配置されている。

【0016】そして、このようなシリコン基板110の上面には、各撮像素子に対してRGBの3色光を分離して入射させるカラーフィルタ120が設けられている。

このカラーフィルタ120は、センサ領域111Aに青色(Blue)光を入射させ、センサ領域111Bに緑色(Green)光を入射させ、センサ領域111Cに赤色(Red)光を入射させる。そして、各センサ領域111A、111B、111Cは、上層のn+型不純物領域による光電変換層の下層にn-型不純物領域による空乏層をシリコン基板110の深さ方向に拡大させて信号電荷蓄積領域としたものであり、このような不純物プロファイル構造により、オーバーフローバリアの位置を深く形成し、感度の向上を図るようにしたものである。

【0017】そして、このような不純物プロファイル構造のセンサ領域111A、111B、111Cは、複数回(図示の例では7段階)に分割したイオン注入によって形成されており、各回のイオン注入エネルギーとマスクパターンを変化させることにより、各色を受け持つ画素のセンサ領域111A、111B、111C毎に異なる深さ位置に基板面方向に拡大した不純物領域を有している。すなわち、最も波長の短いBlue画素(センサ領域111A)については、最も浅い位置のn-型不純物領域を拡大し、次に波長の短いGreen画素(センサ領域111B)については、上から3段目のn-型不純物領域を拡大し、最も波長の長いRed画素(センサ領域111C)については、下から1段目及び2段目のn-型不純物領域を拡大する。これにより、入射光の波長に最適な深さ位置のn-型不純物領域を基板面方向に拡大し、各画素における感度の向上を達成し、かつ、隣接画素間で異なる深さ位置でn-型不純物領域を拡大させることで互いの分離状態を確保し、混色の抑制を実現する。

【0018】図4は、シリコン基板における入射波長毎のオーバーフローバリアの形成位置と感度との関係を示す説明図であり、縦軸は分光感度、横軸は入射波長( $\mu\text{m}$ )を示し、各折れ線は0.3 $\mu\text{m}$ から12 $\mu\text{m}$ までの各位置における分光特性カーブ(計算値)を示している。ここで、Blue光(Blueフィルタを透過した光)は、約450nm(0.45 $\mu\text{m}$ )の波長に感度ピークを持つ分光カーブを持つため、Si基板表面から3 $\mu\text{m}$ 程度の深さにオーバーフローバリアがあれば、センサ領域で効率よく光電変換がなされるが、Green光(Greenフィルタを透過した光)は500~550nm付近に感度ピークを持つため、有効な光電変換を得るためには、5 $\mu\text{m}$ 程度の深さにオーバーフローバリアを形成する必要がある。

【0019】さらに、Red光(Redフィルタを透過した光)については、600~650nm付近に感度ピークを持つため、必要なオーバーフローバリアの深さ位置は10 $\mu\text{m}$ 以上となる。これを言い換えれば、オーバーフローバリアの位置を予め深く形成しておき、それぞれの画素が受け持つ波長に併せて、上述の色毎に異なる光電変換の深さにおけるセンサ領域のみを拡大してお

けば、隣り合う画素のセンサ領域を互いに侵すことなく、効率よく光電変換を行うことが可能となる。

【0020】したがって、このようなプロファイル構造の作成方法の一例として、次のような手順を採用することが可能である。まず、10 $\mu\text{m}$ 以上の深さにオーバーフローバリアを高エネルギーイオン注入(Boron: 8~10MeV)や2層Epi法等で形成した後、図3に示すn+領域にあたる領域を全画素同時に形成する。このn+領域はセンサ部のミニマムポテンシャルを決めるものであり、AsまたはPhosで約0.5 $\mu\text{m}$ 程度の深さに形成する。その後、このn+領域とオーバーフローバリアまでをポテンシャル的に滑らかに空乏領域が広がるように、多段階に異なるエネルギーでイオン注入を行い、n-領域を形成する。このn-領域は、先のn+領域に対して高エネルギー、かつ低濃度で形成する。

【0021】そして、このn-領域の多段イオン注入(インブラ)作業毎に、先に述べたBlue、Red、Greenそれぞれの波長がSi中で光電変換される深さに相当するエネルギーのマスクパターンを画素毎に最適化する。すなわち、図1に示すように、n-領域を形成する多段のインブラ作業において、3 $\mu\text{m}$ 以下の深さに打ち込むインブラでは、そのときのマスクパターンは、Blue光を扱う画素(センサ領域111A)の開口のみを他の画素よりも拡大させておく。また、3~5 $\mu\text{m}$ の深さに打ち込むインブラ作業時のマスクパターンは、Green光を扱う画素(センサ領域111B)の開口のみを他の画素より拡大させておく。同様に、Red光を扱う画素(センサ領域111C)は5 $\mu\text{m}$ 以上の深さに打ち込むインブラ作業時において、マスクパターンの開口を他の画素より拡大させておく。

【0022】その後、通常の方法で転送電極を形成した後、最表面のP+領域を転送電極に対して自己整合的にインブラ作業によって形成し、通常の遮光膜等を形成する。以上のような本例の製造方法では、各センサの信号電荷蓄積領域を構成するn-領域を多段インブラによって形成するため、それぞれのインブラ毎にパターンの最適化が容易に行え、図1に示すようなセンサプロファイルを容易に実現することが可能である。なお、多段n領域のイオン打ち込み段数は、図1の例では7段の例で示しているが、オーバーフローバリアの位置やセンサを取り巻く不純物の2次元的な締め付け効果などの影響に応じて、最適段数は適宜変更が可能である。

【0023】

【発明の効果】以上説明したように本発明の固体撮像素子では、互いに隣接する撮像素子の信号電荷蓄積領域が、各撮像素子が受け持つ入射光の波長に対応して決定される半導体基板の異なる深さ位置で半導体基板の面方向に拡大されていることから、隣接する信号電荷蓄積領域の近接を防止しつつ、入射光の波長に最適な深さ位置で信号電荷蓄積領域を拡大できる。したがって、隣接す

る画素同士でセンサ領域が干渉せず、特に垂直方向に隣接する画素間の電荷混色が発生しにくい構造となり、信号電荷蓄積領域の拡大による感度向上効果と、隣接する信号電荷蓄積領域の分離による混色抑制効果の両方を実現することが可能となる。この結果、セルサイズの縮小に伴う画質の劣化を防止でき、高品位の固体撮像素子を得ることが可能となる。

【0024】また、本発明の固体撮像素子の製造方法では、複数回の不純物イオン注入によって、固体撮像素子の互いに隣接する撮像素子の信号電荷蓄積領域を、各撮像素子が受け持つ入射光の波長に対応して決定される半導体基板の異なる深さ位置で半導体基板の面方向に拡大することから、容易な製造工程によって隣接する信号電荷蓄積領域の近接を防止しつつ、入射光の波長に最適な深さ位置で信号電荷蓄積領域を拡大できる。したがって、隣接する画素同士でセンサ領域が干渉せず、特に垂直方向に隣接する画素間の電荷混色が発生しにくい構造の固体撮像素子を容易に製造でき、信号電荷蓄積領域の拡大による感度向上効果と、隣接する信号電荷蓄積領域の分離による混色抑制効果の両方を実現することが可能となる。この結果、セルサイズの縮小に伴う画質の劣化を防止でき、高品位の固体撮像素子を製造することが可\*

\*能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態によるCCD固体撮像素子の構造を示す断面図である。

【図2】一般的な縦形オーバーフローレインを有するCCD固体撮像素子のセンサ部における不純物プロファイルを示す説明図である。

【図3】オーバーフローバリアの位置を深く形成したCCD固体撮像素子のセンサ部における不純物プロファイルを示す説明図である。

【図4】シリコン基板における入射波長毎のオーバーフローバリアの形成位置と感度との関係を示す説明図である。

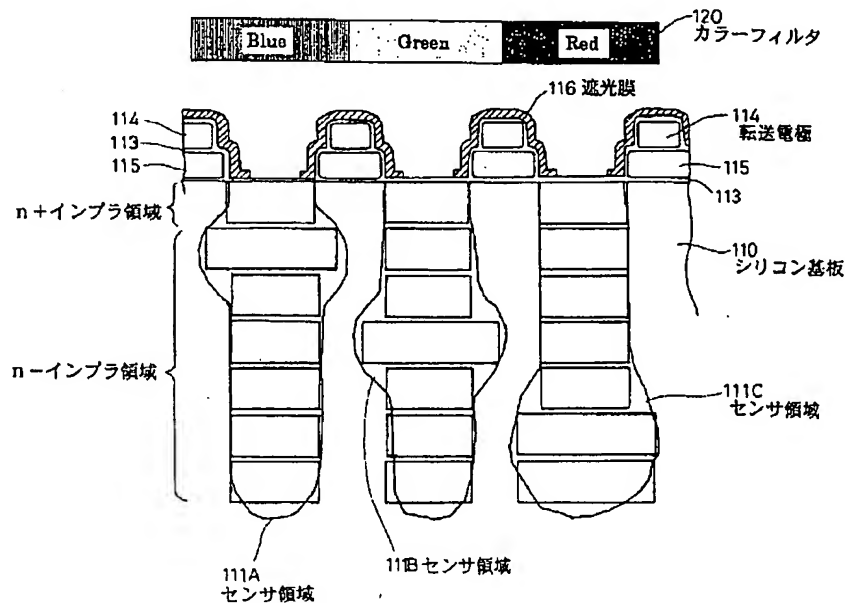
【図5】従来のCCD固体撮像素子における水平方向に隣接する画素間の構造を示す断面図である。

【図6】従来のCCD固体撮像素子における垂直方向に隣接する画素間の構造を示す断面図である。

【符号の説明】

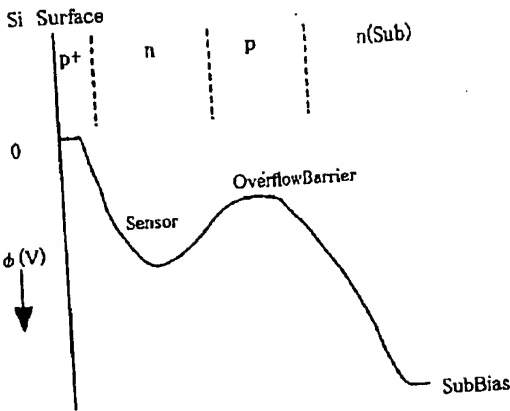
110……シリコン基板、111A、111B、111C……センサ領域、113……絶縁膜、114、115……転送電極、116……遮光膜、120……カラーフィルタ。

【図1】

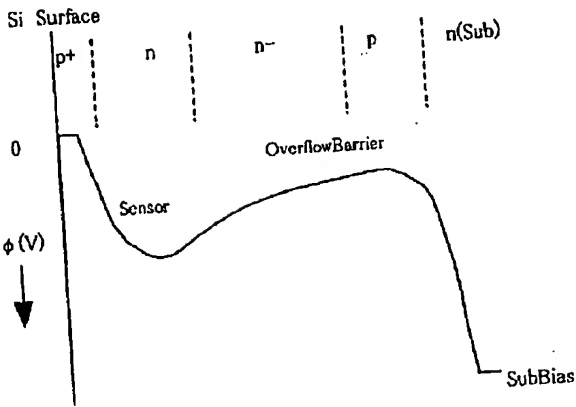


(6)

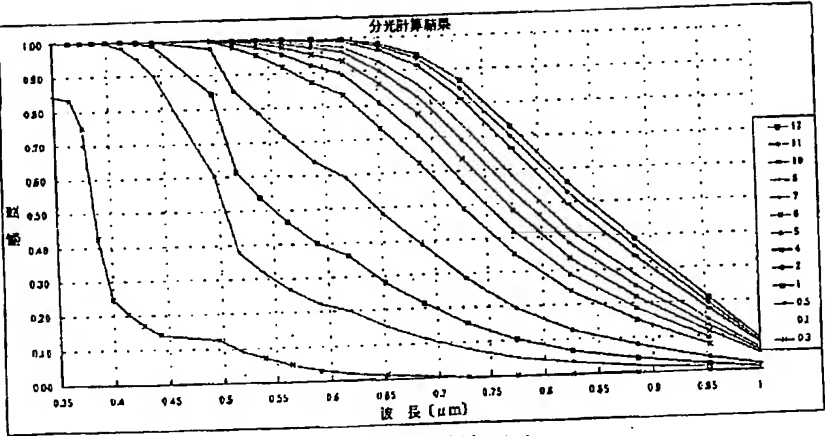
【図2】



【図3】

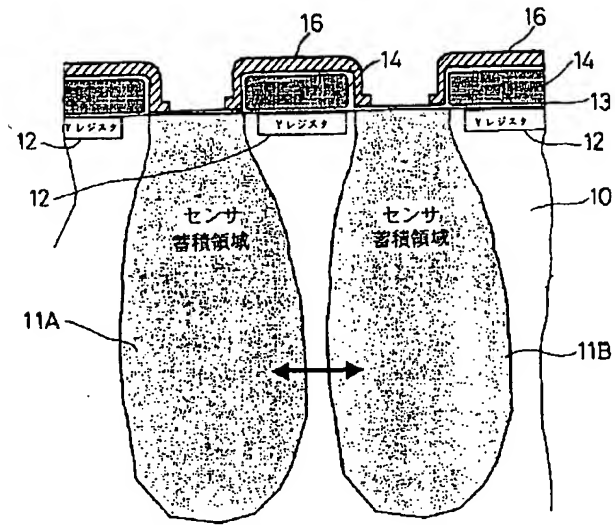


【図4】



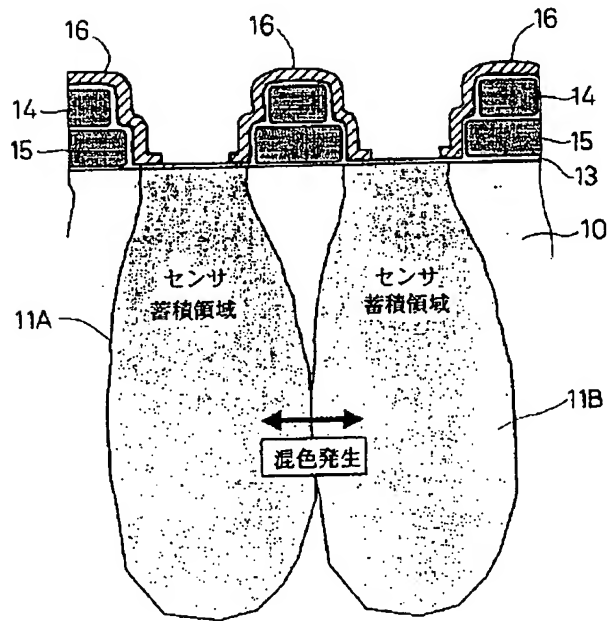
オーバーフローバリア深さ位置による  
入射波長 Vs 感度特性 (計算値)

【図5】



水平方向に隣接する画素のセンサプロフィール

【図6】



垂直方向に隣接する画素のセンサプロフィール

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**